

AHORRO DE ENERGÍA Y PROSPECTIVA PARA EL USO DE TECNOLOGÍAS SUSTENTABLES EN LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE TOLUCA

*Alan Noe Jim Carrillo Arteaga¹
Javier Jesús Ramírez Hernández²
Brayan Sánchez Alvirde³*

RESUMEN

El concepto de tecnología ha tenido diferentes interpretaciones, caracterizadas a la disciplina en la que se aborda, pudiera parecer una conceptualización sectorizada cuando hablamos de un campo en específico y acotamos la definición al que se trate, sin embargo la tecnología en la mayoría de los casos es inter y multidisciplinaria o bien está en un nivel de evolución mayor puede incluso ser transdisciplinaria. El presente trabajo es un avance de investigación que se encuentra en desarrollo bajo un proyecto de investigación relacionado con las tecnologías sustentables para la vivienda en la Zona Metropolitana del Valle de Toluca (ZMVT) la investigación surge ante la necesidad de conocer y analizar la aptitud y vocación del territorio de la ZMVT para el uso de tecnologías sustentables dirigidas a la vivienda, identificando, las características de la conformación geográfica y las variables climatológicas, así como la prospectiva del impacto de estas. El objetivo del presente trabajo de avance de investigación es la caracterización de los referentes teóricos en la conceptualización de la tecnología, la vivienda, la sustentabilidad y la conformación de la ZMVT. El alcance de los resultados es de carácter descriptivo-correlacional y con ello se está buscando categorizar, relacionar y describir el impacto favorable en las aptitudes geográficas y climatológicas para el uso de tecnologías sustentables y el ahorro de energía, así como la prospectiva de su aplicación. Los resultados encontrados demuestran que en la configuración de la ZMVT aún se encuentra en proceso de consolidación en el total de los 22 municipios que la integran, por otro lado, la geografía y variables climatológicas demuestran una vocación y aptitud para el uso de tecnologías para el aprovechamiento de la energía solar en la mayor parte del año, así como el aprovechamiento de la precipitación.

Palabras clave: Tecnología, vivienda, sustentabilidad y ZMVT.

¹ Dr. en U. anjcarrilloa@uaemex.mx, Profesor-Investigador. Integrante del Cuerpo Académico: Desarrollo Sustentable, Sociedad y Ambiente (CA DSSA). Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Planeación Territorial. Facultad de Planeación Urbana y Regional. Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM)

² Dr. en C. S. jjramirez@uaemex.mx, Profesor-Investigador. Integrante del CA DSSA. Centro de Estudios e Investigación en Desarrollo Sustentable. UAEM.

³ Lic. en C.A. brayanalvirde@gmail.com, Asistente de investigación.

INTRODUCCIÓN

Este trabajo de avance de investigación muestra un análisis descriptivo-correlacional relacionado con el análisis de la conformación del territorio de la ZMVT, así como su aptitud y prospectiva para el uso de tecnologías sustentables en la vivienda. Se considera relevante la conceptualización de tecnologías, la vivienda, la sustentabilidad, así como la ZMVT, con ello se pretende atender la ciencia, conocimiento y técnicas que permiten utilizar de manera consciente los recursos naturales como la energía solar y la lluvia para el desarrollo de las actividades de los habitantes de la vivienda potencializando su uso con un menor impactando en el ambiente y contribuyendo con la calidad de vida de quienes los utilizan.

Cabe señalar que la investigación aún se encuentra en desarrollo y por tal motivo para este trabajo se presentan los estudios obtenidos hasta el momento en lo relacionado con la energía solar y la precipitación, quedando pendiente para futuros trabajos la conclusión del proyecto el análisis de la energía eólica, así como el ahorro de energía en lo relacionado con la precipitación.

METODOLOGÍA

La metodología de la investigación contempló tres fases. La primera fase consistió en la caracterización documental con la obtención de fuentes de información como artículos, libros, estadística, geoestadística, estaciones climatológicas y bibliografía, así como cartografía, fotografías aéreas e imágenes satelitales de Landsat 5 y 8 con resolución espacial de 30m con diversas bandas RGB.

La segunda fase fue la selección de las imágenes e información especializada para su análisis, por lo que para los años 1980 y 2000 se empleó una combinación de bandas 2, 3 y 4 y para el año 2019 se empleó una combinación 4, 6 y 7 estas combinaciones de bandas se determinaron de acuerdo con las fichas técnicas de cada satélite. Los paquetes de imágenes satelitales se obtuvieron del U.S.G.S. por sus siglas en inglés (*United States Geological Survey*), a través de su plataforma dinámica "EarthExplorer". Posteriormente mediante un proceso de clasificación supervisada se determinaron las zonas urbanas mediante el software ERDAS IMAGINE 2016. Obtenido el análisis de las zonas urbanas de los 22 municipios que conforman la Zona Metropolitana del Valle de Toluca para reducir errores se utilizó una edición adicional mediante el software ArcGIS 10.3.

Dando continuidad a la segunda fase, para la elaboración de la cartografía de precipitación de la ZMVT se delimito la superficie geoespacial del territorio que la configura para crear un buffer de 20 km a la redonda y seleccionar cada una de las estaciones climatológicas de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y obtener de cada una de ellas la información de interés, que en este caso fueron datos de precipitación para el año 2016 ya que fue el año en que las estaciones contaban con la mayor cantidad de información completa y de utilidad para la investigación. Una vez creada la base de datos con la información para cada mes de dicho año y de cada una de las 21 estaciones analizadas se realizó un proceso de interpolación IDW empleando el software ArcGIS 10.3 para cada uno de los periodos establecidos en la investigación, es decir, cada tres meses. Posteriormente se cortó la información obtenida en formato raster.

Para cerrar la segunda fase relacionada con la cartografía en relación con los mapas de radiación solar de la ZMVT, esta se generó partiendo de las curvas de nivel obtenidas mediante el conjunto de datos vectoriales para las cartas topográficas de INEGI: E14A27, E14A28, E14A49, E14A47 y E14A48 de los años 2015. Con esta información se generó un modelo digital de elevación para mediante el software ArcGIS 10.3 analizar la radiación solar a nivel del suelo para los periodos trimestrales establecidos. La información se obtuvo en watt/hora por metro cuadrado y se realizó la conversión a kilowatt/hora por

metro cuadrado para facilitar el manejo de la información en relación con la prospectiva de consumo de energía solar.

La tercera etapa aborda el análisis cuantitativo de la información estadística y cartográfica obtenida para determinar las superficies y porcentajes del territorio geográfico, vivienda, población y tecnologías utilizadas de cada uno de los 22 municipios de la ZMVT, para determinar el ahorro de energía y la prospectiva de aptitud geoespacial del área en estudio para el uso de tecnologías sustentables.

REFERENTES TERÓRICOS

Tecnología

El concepto de tecnología ha tenido su devenir a través de diferentes interpretaciones caracterizadas a la disciplina en la que se aborda, pudiera parecer una conceptualización sectorizada cuando hablamos de un campo en específico y acotamos la definición al que se trate, sin embargo la tecnología en la mayoría de los casos es inter y multidisciplinaria o bien está en un nivel de evolución mayor puede incluso ser transdisciplinaria como los muestran los diferentes autores que aportan una conceptualización desde su quehacer.

Ciapuscio (1996) analizando el conocimiento tecnológico parafrasea y cita el trabajo respecto al debate de *“tecnología = ciencia aplicada”* y la definición de tecnología de Sábato (1982) quien caracterizó a la tecnología como *“un paquete de conocimientos de distintas clases -científicos, técnicos, empíricos- provenientes de distintas fuentes (descubrimientos científicos, otras tecnologías, libros, manuales, patentes, etc.) a través de métodos diferentes (investigación, desarrollo, adaptación, copia, espionaje, expertos, etcétera)”*. (Ciapuscio, 1996: p. 177)

Continuando con el análisis de Ciapuscio en la conceptualización teórica de la tecnología este menciona la existencia de dos hitos historiográficos en la definición de la tecnología el primero surge en Inglaterra después de la Segunda Guerra Mundial con los cinco volúmenes de los Singer, Holmyard, Hall y Williams (1954-1958) quienes identificaron a la *tecnología con la técnica*, definiéndola con ello como *“las cosas se dan o son hechas”* y es a partir del siglo XIX con las primeras ciencias aplicadas las químicas y eléctricas que el discurso versaría sobre las *“artes útiles”* todo este hito llevo como consecuencia que el conocimiento es atribuido a la ciencia y la técnica a la aplicación del conocimiento es así que la tecnología quedo subordinada a la ciencia.

El segundo hito historiográfico fue la definición francesa editada en los tres volúmenes por Daumas (1962-1968) en la que también la tecnología aparece como subordinada, ya no de la ciencia, sino al movimiento económico de la sociedad, esto refiere a la técnica y a los productos obtenidos por las técnicas y con ello llegan a definir que técnica utiliza un conocimiento de rango inferior al científico haciendo alusión al empirismo sin teoría e incluso refiriendo lo que dijo Aristóteles sobre *tékne*, ayuda para alcanzar una cierta verdad. (Ciapuscio, 1996)

De esta manera la conceptualización de la tecnología como la aplicación de técnicas adquiridas por conocimientos queda de manera esbozada con la definición del médico Rojas-Dosal quien menciona que *“la tecnología es una serie de procedimientos utilizados de manera práctica por el hombre para aprovechar el conocimiento científico y de esta manera facilitarse el trabajo y aumentar su bienestar. Tiene como fin servir a los propósitos específicos de quienes la utilizan.”* (Rojas-Dosal, 2005: p. 327)

Una perspectiva similar es la de Llanes (2006) quien apunta que *“es simplemente una fórmula o procedimiento para acceder a un determinado recurso y expandir este acceso al recurso, aunque también es plausible la definición que supone que es el conjunto de medios destinados a algún propósito específico.”* (Llanes, 2006: p 125)

Llanes sustenta su definición en los aportes realizados por Gruebler (2003-2005) quien considera que la tecnología consiste en lo esencial en tener la posibilidad de tener acceso a los objetos manufacturados y con ello acrecentando las posibilidades del ser humano ayudándolo a realizar actividades que no podría realizar de otra manera, acercándose más a una definición disciplinar de la ingeniería, la tecnología es *“hardware”* mientras que para la antropología es un *“artefacto”*.

De tal modo las aproximaciones teóricas para la conceptualización de la tecnología de los autores anteriores Llanes (2006) parafraseando a Gruebler (2005) menciona que existen tres etapas en el desarrollo tecnológico y estas son invención, innovación y difusión, las cuales consisten en la demostración de la posible solución física, la producción de la nueva técnica, material o descubrimiento y finalmente la amplia reproducción de una técnica y su asimilación en un contexto socioeconómico logrando con ello remplazar una práctica existente o crear un nicho en paralelo, de este modo sugiere que conducir un automóvil y administrar una cuenta bancaria son también acciones tecnológicas.

Por lo que las tecnologías en la segunda década del siglo XXI continúan jugando un papel trascendental inclusive evolutivo desde la óptica de la educación y con ello existen aportaciones que abordan el tema de la alfabetización tecnológica como lo refiere la siguiente definición: *“las tecnologías son instrumentos para la difusión de la información, la comunicación y la formación, influyendo en todos los contextos políticos, económicos y sociales. El uso de las tecnologías está cambiando las prácticas en el trabajo, construyendo nuevos entornos sociales, laborales, de ocio, cambiando los estilos de vida y las formas de participación social, posibilitando la inclusión social.”* (Ortega, 2009: p. 13)

Dicho lo anterior la tecnología puede o no tener una caracterización disciplinar, sin embargo, está en la mayoría de las situaciones trasciende como lo apunta Daly (1997) imponiendo una característica relacionada con la sostenibilidad refiriéndose a las tecnologías sostenibles como a las tecnologías que aumentan la productividad de los recursos más que el incrementar la cantidad de recursos extraídos y lo demuestra con la analogía; *“bombillas más eficientes de preferencia a más centrales eléctricas.”* (APAC, 2006: p. 518)

Vivienda

Para mostrar una aproximación a los antecedentes en la conceptualización y caracterización de la vivienda en el contexto de estudio, se retoma y transcribe lo realizado en la investigación *“Sustentabilidad del territorio: la participación del Estado, iniciativa privada y sociedad en la producción de vivienda formal”*. (Carrillo, 2016: págs. 53-55).

Ésta se considera un derecho universal adicionando los calificativos de digna y adecuada que aparece en la declaración universal de los derechos humanos en su artículo 25. La oficina del alto comisionado de las Naciones Unidas para los derechos humanos en su observación general no. 4 define a la vivienda digna, como aquella vivienda donde los ciudadanos o familias pueden vivir con seguridad, paz y dignidad.

El marco normativo de México hace referencia a la vivienda en diferentes categorizaciones y se especializa conforme al ámbito político, territorial e institucional y administrativo al que se haga referencia. Comenzando con la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en la que la vivienda se considera en el artículo 4º el cual refiere que toda familia cuenta con el derecho de disfrutar

de una vivienda digna y decorosa, para ello menciona que la Ley establecerá los apoyos e instrumentos que se requieran para su cumplimiento.

En el artículo. 123 inciso a) se hace referencia al derecho de los trabajadores a contar con habitaciones cómodas e higiénicas y este derecho se atenderá con las aportaciones que los empleadores hagan a un fondo nacional de la vivienda. En ambas legislaciones se menciona la vivienda de manera breve, se incorpora a la misma como un derecho de todo habitante del territorio y se hace hincapié en lo calificativo a ser digna y decorosa. Pareciera que el concepto de vivienda estuviese relegado a un fenómeno poco comprendido y considerado de manera conjunta con otros elementos entorno a la ciudad como lo son los asentamientos humanos y los centros de población.

Schteingar (2001) hace referencia a los primeros intentos en el Estado de México en tipificar una tipología de vivienda los cuales se clasificaban en la Ley de Asentamientos Humanos del Estado de México de 1983 y esta clasificación, más no descripción, se hace en un carácter de poder adquisitivo y estos eran: residencial, popular, residencial campestre y granjas, más tarde en las reformas realizadas a esta ley se contempla la vivienda de tipo social progresiva, la cual solo puede producir el Estado.

Parece que para los años 80 la vivienda comienza a conceptualizarse más como un elemento de contribución al producto interno bruto, que como se expresa en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, un derecho constitucional de todo habitante, el cual carece de una descripción adecuada.

En el 2006 la nueva Ley de Vivienda promulgada en la administración de Vicente Fox en su artículo 1 menciona que la vivienda es un área prioritaria para el desarrollo nacional, donde se continúa delegando al Estado como impulsor y promotor de actividades que norman y organizan al sector privado en la producción de ésta.

El artículo 2 define a la vivienda como:

“ARTÍCULO 2.- Se considerará vivienda digna y decorosa la que cumpla con las disposiciones jurídicas aplicables en materia de asentamientos humanos y construcción, habitabilidad, salubridad, cuente con los servicios básicos y brinde a sus ocupantes seguridad jurídica en cuanto a su propiedad o legítima posesión, y contemple criterios para la prevención de desastres y la protección física de sus ocupantes ante los elementos naturales potencialmente agresivos.” (Ley de Vivienda, última reforma 24-03-2014)

La conceptualización que se estructura en el artículo 2 de la Ley de Vivienda permite contemplar elementos que hasta entonces no se habían considerado de manera jurídica y aunque intrínsecamente se contemplaban de un modo u otro, hasta el momento se habían tomado en cuenta elementos de un corte más capitalista, esto no quiere decir que se dejó de lado la visión de la vivienda como un bien de consumo, pero sí dio pauta para esgrimir directrices para conceptualizar a la vivienda como una necesidad.

La ONU HÁBITAT en colaboración con la Comisión Nacional de Vivienda y la Universidad Nacional Autónoma de México, desarrolló en 2012 un perfil del sector de la vivienda en México, en el que refieren un Sistema Institucional de Vivienda (SIV), el cual considera tres etapas en relación con el proceso de promoción, desarrollo y producción de la vivienda. La primera etapa (1970-1989) refiere a la constitución y consolidación del sistema institucional de vivienda. En la segunda etapa (1980-2000) se adopta un enfoque facilitador. En la tercera etapa (2001- 2012) se generan estructuras institucionales y operacionales actuales.

A finales de 2012 con el cambio de administración federal en México, surgen “nuevas” propuestas para la estructuración del “nuevo modelo” de desarrollo urbano en el cual está inmersa la vivienda. La política nacional urbana y de vivienda promulgada por la recién creada Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU) se describe como una política de control y consolidación de las manchas urbanas, la cual busca reducir el rezago de vivienda y rehabilitar el parque habitacional existente. (Política Nacional de Vivienda, 2013).

El camino recorrido en cuatro décadas ha marcado el tipo de vivienda que ha sido desarrollado conforme a la experiencia de practicar a prueba y error, buscando cumplir con el objetivo de vivienda digna y adecuada para los habitantes del territorio mexicano. Sin embargo, en los últimos diez años se estructuró una definición más aplicada al concepto de vivienda, que concibiera características en relación con satisfacer las necesidades de quien la habita.

Sustentabilidad

A continuación, se expone una aproximación conceptual de la sustentabilidad con base en referentes teóricos para la contextualización del término que permitirá relacionarlo con la investigación, así en esta etapa se retoma y transcribe lo realizado en la investigación *“Sustentabilidad del territorio: la participación del Estado, iniciativa privada y sociedad en la producción de vivienda formal”*. (Carrillo, 2016: págs. 55-60).

El ser humano ha buscado administrar los recursos con los que cuenta, desde sus inicios en la época de la prehistoria, pasando por cada una de las etapas de su evolución hasta la conceptualización de Malthus en 1836 quien abordó los principios de la economía política dando comienzo al término de desarrollo sustentable. Poco más de un siglo transcurrió desde Malthus hasta la reunión de Estocolmo en 1972 cuando se celebró la primera reunión de medio ambiente, generada por la preocupación de su devastación y de incorporar los problemas del desarrollo humano en la agenda de la política internacional.

Diversos autores han referido a la sustentabilidad con base en el concepto de desarrollo sustentable que se dio a conocer en el libro *Nuestro futuro común*, un informe desarrollado por la Organización de Naciones Unidas y publicado en 1986, en el que la definición versa así: “Desarrollo sustentable es aquel que satisface las necesidades del presente sin comprometer las posibilidades de las futuras generaciones de satisfacer sus propias necesidades” (WCED, 1987: 43).

Si bien el concepto definido en 1986 contempla la satisfacción de necesidades de una generación presente y una futura argumentando la utilización de los recursos naturales de una manera adecuada y controlada, pero que garanticen la continuidad de un modelo capitalista. Incluso el término de desarrollo sustentable para tal informe parte del área de la economía que contextualiza la sustentabilidad como un modelo de producción capitalista equilibrado.

Lo anterior parte de una serie de discusiones y corrientes que surgieron como respuesta a la crisis ambiental generada por el sistema capitalista instaurado por las primeras potencias del mundo. Pierri (2005), menciona algunos hechos que evidencian esta crisis ambiental, como la catástrofe químico-ecológica en Seveso en 1976, la segunda crisis del petróleo en 1978, hasta la explosión del reactor nuclear de Chernobyl en 1986.

Cabe resaltar la propuesta del ecodesarrollo que buscaba ser humanistas y críticos con límites, motivando la participación social para generar cambios y soluciones ante un mercado capitalista, incentivando regulaciones y acuerdos entre empresas, Estado y sociedad civil, para atender las prioridades ecológicas y las necesidades sociales.

Por su parte Adams (1990), describe a la sustentabilidad como el concepto llave ya que conservación y desarrollo son dos términos compatibles, desarrollo es la modificación de la biosfera, la aplicación de los recursos humanos y financieros, vivos y no, para satisfacer las necesidades y mejorar la calidad de vida. Mientras que conservación es la administración que el ser humano hace de la biosfera para rendir los mejores beneficios sustentables para satisfacer necesidades presentes y futuras.

La Fundación para la Conservación de Especies y Medio Ambiente (FUCEMA) argumenta que el término sustentable hace una connotación a la actividad económica del ser humano y no a los recursos renovables, considerando que una propiedad de los recursos bióticos es la renovabilidad, y para ello la sustentabilidad es una condición particular del control del uso de los recursos por la sociedad.

En 1973 en el Seminario Internacional de Medio Ambiente y Desarrollo, en 1974 la conferencia de Cocoyoc y en 1976 en el simposio de ecodesarrollo, se iniciaron en paralelo los estudios y avances de la sustentabilidad en México, estos eventos acontecieron a la par de los sucesos que se comenzaron a gestar a nivel mundial; sin embargo, en el país aún no se contemplaba la sustentabilidad en el marco normativo y por lo mismo no existían instituciones encomendadas a la protección del medio ambiente.

Si bien en México se dieron los primeros pasos en materia de ecología y medio ambiente en un primer acercamiento con los eventos realizados a la par de los acontecimientos internacionales y en un segundo proceso con la creación de una institución como la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE) que medianamente buscaba aminorar los efectos colaterales del crecimiento económico del país y la expansión urbana que sufrían las principales ciudades, sin considerar la protección al medio ambiente. Aún faltaba mucho para que el marco legislativo y normativo pudiera articular una serie de acciones en el tema de la sustentabilidad y del mismo desarrollo sustentable del país que no solo refiere al tema medioambiental, sino al propio equilibrio del sistema económico.

En el proceso del crecimiento del país y con base en diversos actores sociales, así como a la presión de éstos al Estado por la evidencia irrefutable de los acontecimientos medioambientales que se presentaron en el país, surgieron diferentes respuestas para solucionar algunos problemas medioambientales. Una de estas respuestas, como describe Moreno (2014), radica en el desarrollo de indicadores para el estudio de la sustentabilidad urbana, que, si bien tienen sus esbozos y origen desde 1972, en México surgieron a partir de la creación de la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP) en 1994, la cual trabajó en el desarrollo sustentable y la línea ambiental considerando un enfoque metodológico de Presión-Estado-Respuesta (PER). Continúa refiriendo que el análisis y medición de la sustentabilidad a través de indicadores se ha estado realizando por diferentes países en un marco ordenado y estructurado en estas tres (PER) categorías de información.

Ahumada *et al.* (2012) señala que en México la sustentabilidad ambiental se abordó en el Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012, como la administración racional de los recursos naturales para mejorar el bienestar de la población y consideró que uno de los principales retos que enfrenta el país es el incluir el medio ambiente como un elemento de competitividad y de desarrollo económico y social para lograr el desarrollo sustentable, ya que aún es tiempo de poner en práctica las acciones que permitan la protección del ambiente, sobre todo en la infraestructura y el sector productivo.

Es innegable la existencia de una gran discusión acerca de la sustentabilidad en territorios urbanos como menciona Moreno (2014), ello obtiene otra relación y significado en las diferentes zonas metropolitanas donde se ubican los territorios y jurisdicciones político-administrativas de diferente índole en donde las políticas públicas y las acciones gubernamentales están escasamente coordinadas y los resultados que ofrecen son pobres en materia urbano-ambiental para los ciudadanos. En este sentido, se puede señalar que la sustentabilidad urbana ha estado buscando los satisfactores de la población donde en términos generales se analizan las dimensiones de sociedad, economía y el ambiente en sus distintas interrelaciones.

Por lo que Vega (2001) desde la perspectiva económica, refirió que “mientras las políticas social y ambiental sean marginales y exclusivamente compensatorias de las externalidades derivadas de la política económica será muy difícil alcanzar la sustentabilidad”.

La complejidad y lo amplio del debate sobre sustentabilidad ha permitido estudiar e incorporar este término en diferentes disciplinas del conocimiento, ya no solo desde una perspectiva ambiental, social o económica como fue planteado desde sus inicios al hablar de desarrollo sustentable, que obedecía más a un modelo de estudio de la economía, garantizando el desarrollo de ésta y justificando su huella en el medio ambiente ante la sociedad.

La conceptualización del término cumplirá con algunas condiciones de ciertas áreas del conocimiento, para distintos investigadores el alcance científico en los campos de estudio partirá de una concepción del medio ambiente estudiando la relación que existe con el campo de acción específico.

El reto para la conceptualización del término radica en entender el fenómeno a estudiar, abstraer los alcances de la investigación que se realiza buscando incorporar elementos que permitan analizar el problema de investigación mediante un enfoque de sustentabilidad que aporte un nuevo paradigma en su concepción, aplicación e interpretación.

Con base a las diferentes aportaciones y con la intención de aportar un concepto propio para la investigación, la sustentabilidad es real o puede ser una utopía y esto depende de la conciencia del ser humano para realizar sus actividades facilitando su desarrollo e integración con el territorio, contribuyendo con el ambiente y con ello potencializando su calidad de vida.

Zona Metropolitana del Valle de Toluca

La zona metropolitana del valle de Toluca (ZMVT) inicia su conformación en 1970 con la incorporación de los municipios de Toluca y Metepec, para 2005 la delimitación de zonas metropolitanas en México realizada por SEDESOL-CONAPO-INEGI considera que la ZMVT cuenta con 14 municipios incorporados a la par de esta clasificación el Plan Regional de Desarrollo Urbano del Valle de Toluca contempla 22 municipios esta última demarcación es declarada oficial en Gaceta de Gobierno del Estado de México el 19 de noviembre de 2009. (IGECEM, 2015). La tabla uno muestra el proceso de conformación de la ZMVT a partir de la integración de dos municipios en esta podemos apreciar las dependencias que han definido la zona metropolitana el año y los municipios que se han ido incorporando.

Tabla 1. Municipios que conforman la ZMVT

Dependencias	Año	Número de municipios	Nombre de municipios
Instituto de Información e Investigación Geográfica, Estadística y Catastral del Estado de México (IGECEM)	1970	2	Toluca y Metepec
IGECEM	1980	3	Toluca, Metepec y Zinacantepec
IGECEM	2000	12	Almoloya de Juárez, Calimaya, Chapultepec, Lerma, Metepec, Mexicaltzingo, Ocoyoacac, Otzolotepec, San Mateo Atenco , Toluca, Xonacatlán y Zinacantepec.
1. Secretaría de Desarrollo Social (Sedesol) 2. Consejo Nacional de Población (CONAPO) 3. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI)	2005	14	Almoloya de Juárez, Calimaya, Chapultepec, Lerma, Metepec, Mexicaltzingo, Ocoyoacac, Otzolotepec, Rayón, San Antonio la Isla , San Mateo Atenco, Toluca, Xonacatlán y Zinacantepec.
Consejo Estatal de Población (COESPO)	2005	15	Almoloya de Juárez, Calimaya, Chapultepec, Lerma, Metepec, Mexicaltzingo, Ocoyoacac, Otzolotepec, Rayón, San Antonio la Isla, San Mateo Atenco, Temoaya , Toluca, Xonacatlán y Zinacantepec.
1. Plan Regional de Desarrollo Urbano del Valle de Toluca 2. Programa para Mejorar la Calidad del Aire (PROAIRE)	2005	22	Almoloya de Juárez, Almoloya del Río, Atizapán , Calimaya, Capulhuac , Chapultepec, Lerma, Metepec, Mexicaltzingo, Ocoyoacac, Otzolotepec, Rayón, San Antonio la Isla, San Mateo Atenco, Temoaya, Tenango del Valle, Texcalyacac, Tianguistenco , Toluca, Xalatlaco , Xonacatlán y Zinacantepec.
1. Periódico Oficial de la Gaceta de Gobierno del Estado de México 2. Plan Regional de Desarrollo Urbano del Valle de Toluca 3. IGECEM	2009 - 2015	22	

Fuente: elaboración propia con base en IGECEM, 2015.

La demografía de la zona metropolitana de Toluca presentó hasta el año 1960 una tasa máxima de crecimiento anual de 2.27% en la década siguiente hasta el año 1970 la tasa de crecimiento incrementó a 3.99%, para el 2005 la tasa de crecimiento fue de 3.51%, en tal sentido la población de la zona metropolitana de Toluca fue de 176,908 personas en 1960 y para 1990 alcanzó una población de 886,147 habitantes. Con base a estas cifras se estima que la ZMVT para el 2020 será de 2'296,877 habitantes. (Plan Regional de Desarrollo Urbano del Valle de Toluca, 2005)

En los 22 municipios que conforman la ZMVT existen 570,802 viviendas de las cuales el 96.7% son casas de tipo: casa única en el terreno, casa que comparte terreno con otras y casa dúplex, triple o cuádruple. El 4.3% son hogares de tipo departamento en edificio según los datos obtenidos en la Encuesta Intercensal 2015 realizada por el INEGI.

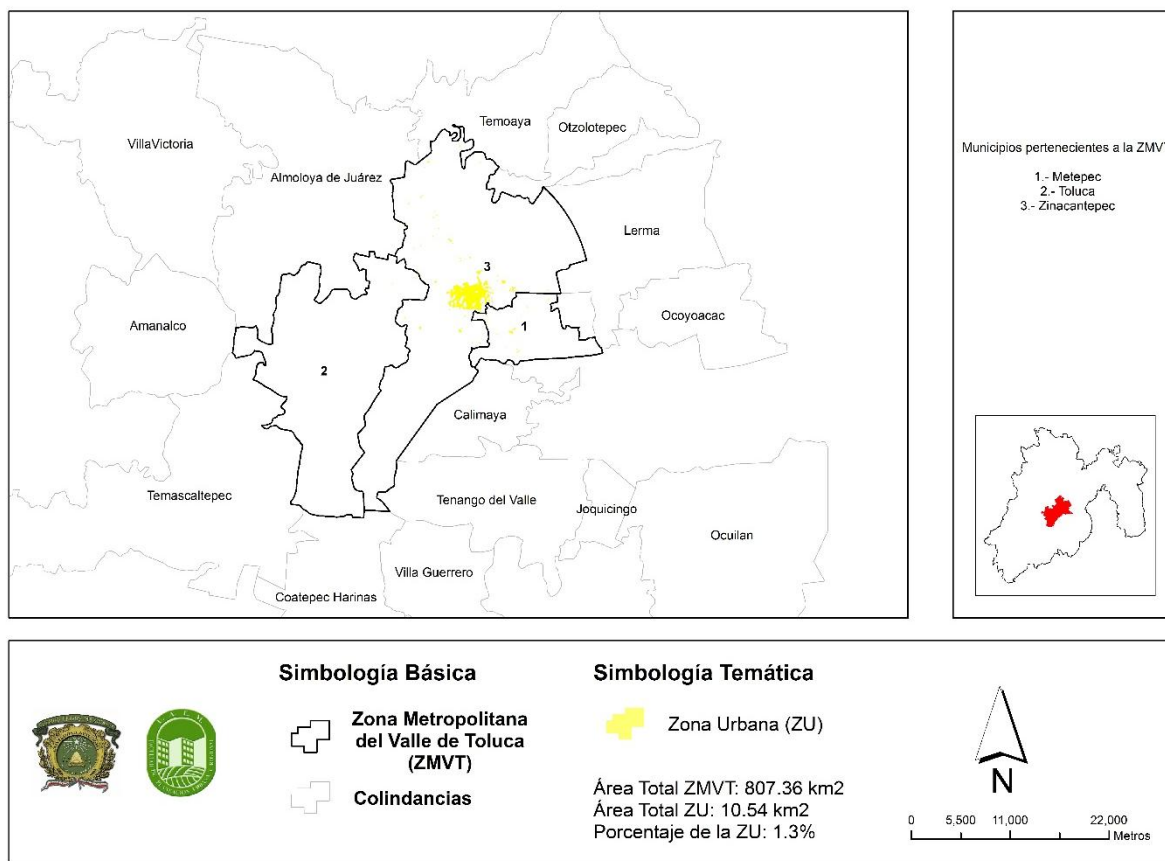
Para el trabajo de investigación realizado se consideró como universo la vivienda existente en los 22 municipios que integran la ZMVT con base en la declaratoria realizada en el Periódico Oficial la Gaceta de Gobierno del Estado de México del 19 de noviembre de 2009, así como los datos obtenidos de la encuesta intercensal 2015 realizada por el INEGI.

RESULTADOS

A continuación, se muestran de manera gráfica los resultados obtenidos del análisis geoespacial y de prospectiva realizado en la Zona Metropolitana del Valle de Toluca, en el primer apartado se muestra la configuración del territorio y en una segunda etapa se muestra la prospectiva relacionada con la radiación solar y la precipitación en la zona de estudio.

La ZMVT para el año de 1980 se encontraba estructurada por tres municipios en los que iniciaba un incremento de urbanización sobre todo en Toluca y Metepec, como se muestra en la figura 1, la zona metropolitana conformada por los municipios de Toluca, Metepec y Zinacantepec contaba con una superficie territorial de 807.36km² y la zona urbana era de 10.54km² que representaba tan solo el 1.3% de la superficie territorial de la zona.

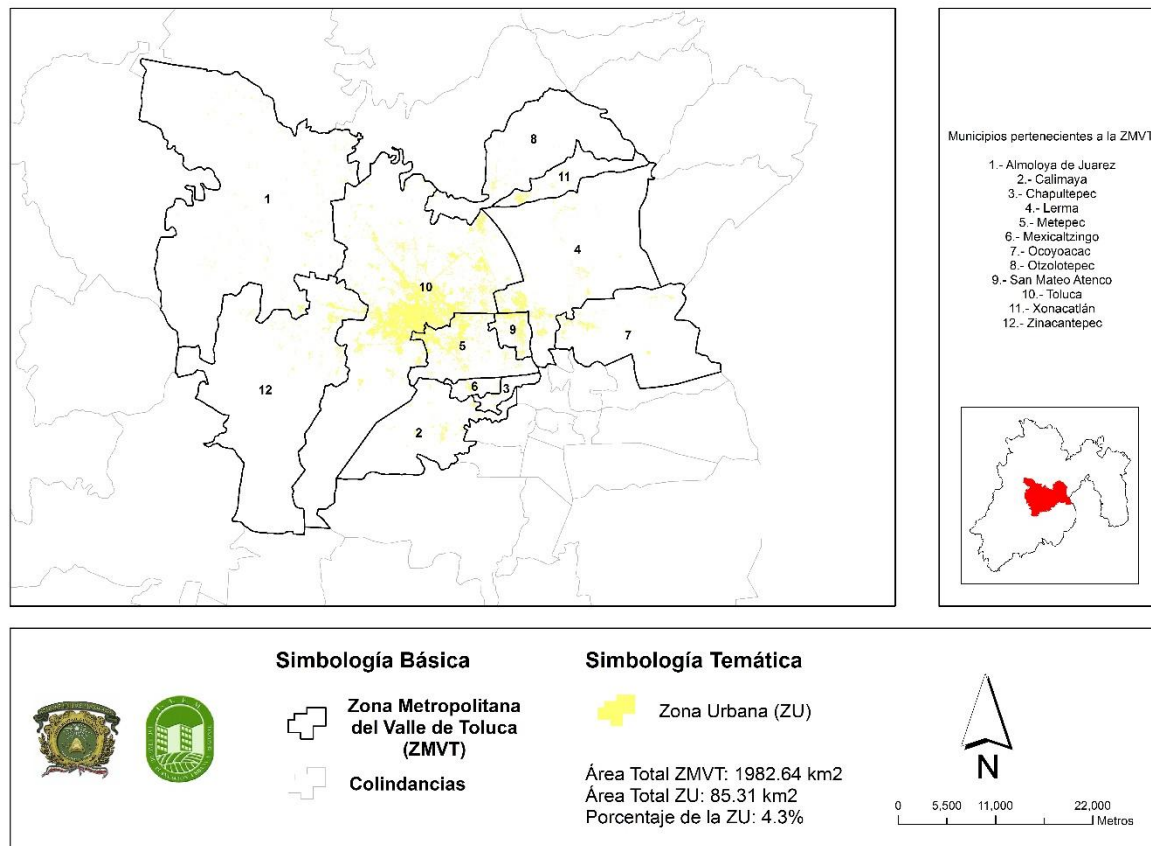
Figura 1. Zona Metropolitana del Valle de Toluca en 1980.



Fuente: elaboración propia con base en USGS-EarthExplorer, 2019.

Para el año 2000 la ZMVT agregó nueve municipios colindantes a los considerados para contar con 12 municipios que conformaban la metrópoli, la figura 2 muestra que los municipios con mayor zona urbana continuaron siendo Toluca, Metepec, así mismo se fue expandiendo la mancha urbana a los municipios de San Mateo Atenco, Lerma, Ocoyoacac y Xonacatlán, para este año la superficie territorial que abarcaban los doce municipios fue de 1,982.64 km², con una superficie de 85.31 km² dedicados a uso urbano representado con ello el 4.3% de la superficie de la zona.

Figura 2. Zona Metropolitana del Valle de Toluca en 2000.

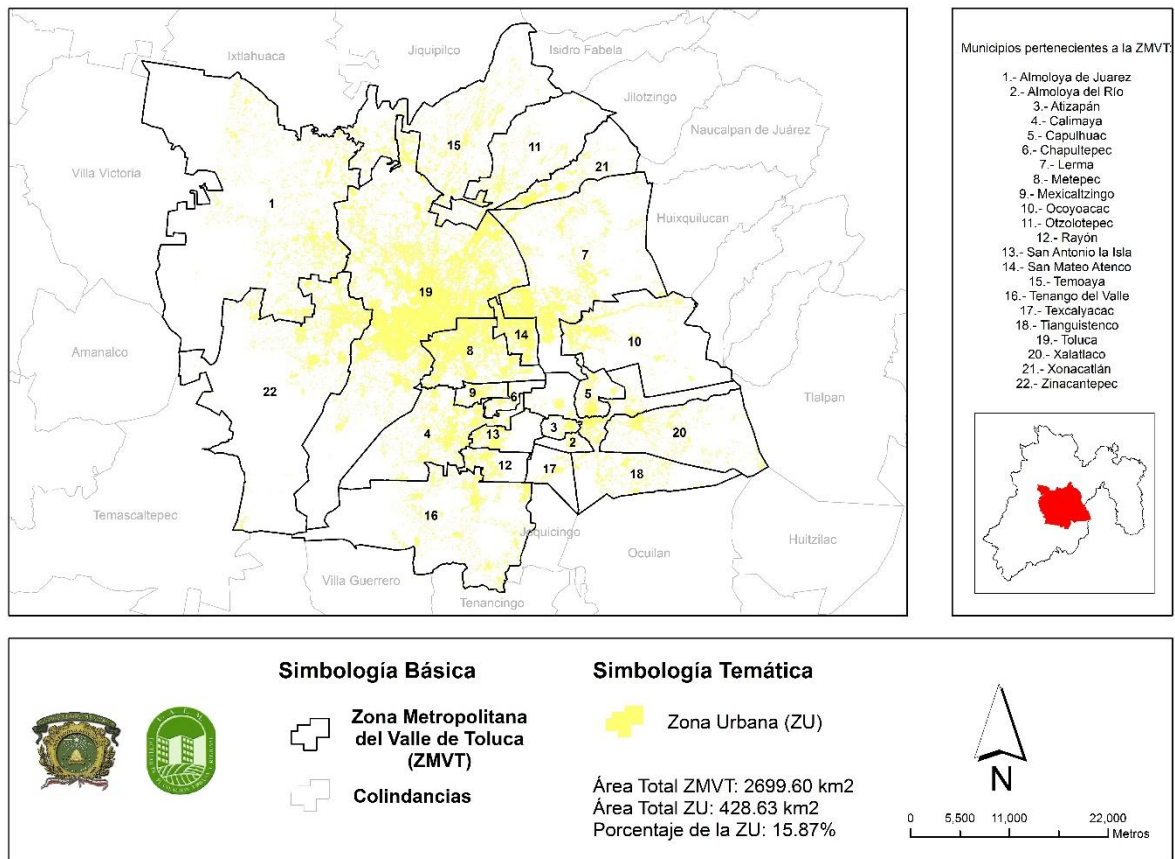


Fuente: elaboración propia con base en USGS-EarthExplorer, 2019.

En 2019 la ZMVT considera la integración de 22 municipios que primero fueron contemplados en el Plan Regional de Desarrollo Urbano del Valle de Toluca y en el Programa para mejorar la Calidad del Aire (PROAIRE) debido a la geografía y aspectos climatológicos relacionados con la contaminación del aire. La figura 3 muestra una zona urbana consolidada en la mayoría de los primeros municipios que comenzaron a conformarla, el municipio de Toluca muestra un centro y norte prácticamente urbanizado, Metepec y San Mateo Atenco se encuentran prácticamente urbanizados.

Para 2019 la superficie territorial que abarcaban los 22 municipios es de 2,699.60 km², con una superficie de 428.63 km² dedicados a uso urbano representado con ello el 15.87% de la superficie de la zona. En la figura 3 se pueden apreciar las conurbaciones existentes en las colindancias de Toluca con los municipios de Metepec, San Mateo Atenco, Lerma y Zinacantepec.

Figura 3. Zona Metropolitana del Valle de Toluca en 2019.



Fuente: elaboración propia con base en USGS-EarthExplorer, 2019.

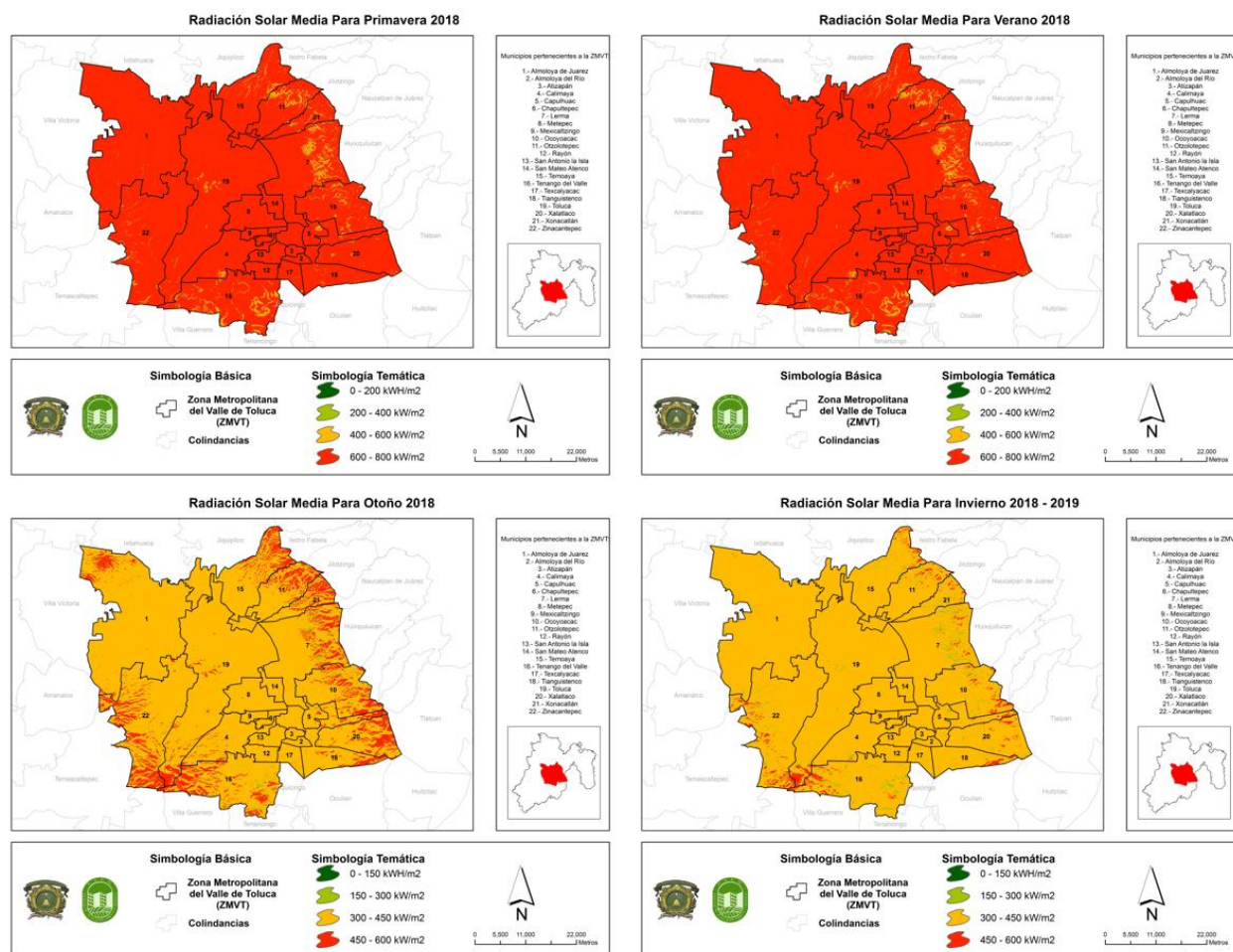
Del análisis de prospectiva para el uso de tecnologías sustentables en la vivienda de la ZMVT, el alcance de la investigación por el momento abarca el desarrollo de cartografía especializada de la radiación solar con la que se cuenta en la zona metropolitana, así como la precipitación en la misma, para con ello generar una matriz del ahorro de energía estimado. Para efectos del proyecto de investigación en curso se consideró realizar cartografía por ciclo estacional: primavera, verano, otoño e invierno para con ello estimar el potencial de energía solar al utilizar tecnologías sustentables como los son los paneles solares y los calentadores solares. Para la precipitación pluvial se generaron estimaciones del nivel de lluvia que puede ser captada en el territorio de igual modo de manera estacional.

La figura 4 muestra cuatro mapas de la radiación solar que existe en la ZMVT durante las cuatro estaciones del año, se demuestra de manera gráfica que en primavera y verano se cuenta con mayor radiación solar lo que genera una aptitud potencial de 600 a 800 Kilowatts por metro cuadrado en el total del territorio de la zona metropolitana, por lo que los meses que comprende de abril a principios de agosto la captación de energía solar por medio de paneles solares, así como tubos catódicos encuentran su mejor aprovechamiento.

Los mapas correspondientes a las estaciones de otoño e invierno encuentran menor radiación solar y la aptitud potencial de energía aprovechable desciende a los 400 a 600 kilowatts por metro cuadrado, aunque la capacidad de radiación solar es menor aún se considera suficiente para utilizar paneles

solares, así como calentadores solares, la diferencia radica en menor desempeño de los equipos de calentadores solares y mayor tiempo requerido para la captación eficiente de energía solar.

Figura 4. Mapas estacionales de radiación solar en la ZMVT.

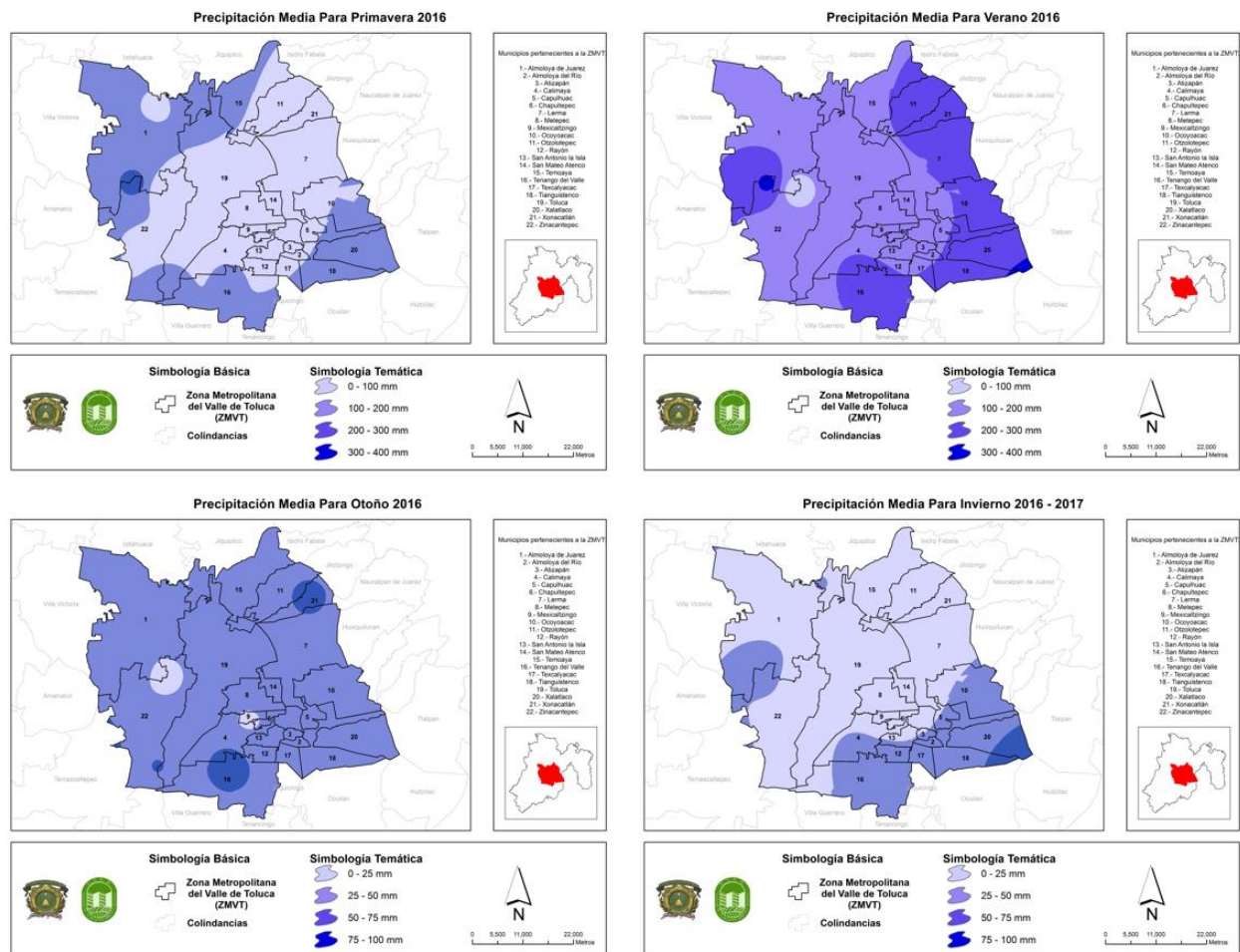


Fuente: elaboración propia con base en INEGI, 2018.

La figura 5 muestra cuatro mapas relacionados con la precipitación pluvial en la ZMVT durante las cuatro estaciones del año, se demuestra de manera gráfica que en verano y otoño se cuenta con mayor precipitación lo que genera una aptitud potencial de 75 a 400 mililitros de lluvia en el total del territorio de la zona metropolitana, por lo que los meses que comprende de julio a noviembre la captación de lluvia por medio cosechadores de agua pluvial encuentran su mejor aprovechamiento.

Los mapas correspondientes a las estaciones de invierno y primavera encuentran menor precipitación y la aptitud potencial de captación de lluvia descende de 0 a 200 mililitros, aunque la capacidad de precipitación es menor aún se considera suficiente para utilizar cosechadores de agua de lluvia, la diferencia radica en menor volumen de lluvia cosechada por lo que en estos periodos quizá se tenga que utilizar la red de agua potable del municipio correspondiente, sobre todo en la parte central de la ZMVT.

Figura 5. Mapas estacionales de precipitación en la ZMVT.



Fuente: elaboración propia con base en INEGI, 2018.

La tabla dos muestra los resultados obtenidos de la investigación estadística en relación con la población, las viviendas particulares habitadas, así como los porcentajes de estas viviendas que utilizan tecnologías sustentables para el aprovechamiento de la energía solar en el territorio de la ZMVT.

Tabla 2. Porcentaje de viviendas que aprovechan la energía solar en los municipios de la ZMVT.

	Municipio	Población	Viviendas particulares habitadas	Porcentaje de viviendas con panel solar	Porcentaje de vivienda con calentador solar
0	Estado de México	16,187,608	4,168,206	0.4	2.6
1	Almoloya de Juárez	176,237	41,966	0.3	4.8
2	Almoloya del Río	11,126	2,533	0.0	1.9
3	Atizapán	11,875	2,636	0.2	2.7
4	Calimaya	56,574	13,394	0.2	2.6
5	Capulhuac	35,495	8,108	0.2	1.3
6	Chapultepec	11,764	3,068	0.2	1.0
7	Lerma	146,654	34,366	0.9	4.0
8	Metepec	227,827	59,571	0.4	3.0
9	Mexicaltzingo	12,796	2,878	0.2	2.0
10	Ocoyoacac	66,190	14,857	0.3	3.2
11	Otzolotepec	84,519	17,713	0.3	2.3
12	Rayón	13,261	3,077	0.4	2.4
13	San Antonio la Isla	27,230	7,082	0.5	11.7
14	San Mateo Atenco	75,511	17,775	0.3	2.8
15	Temoaya	103,834	22,211	0.4	3.2
16	Tenango del Valle	86,380	20,144	0.1	2.3
17	Texcalyacac	5,246	1,306	0.5	1.5
18	Tianguistenco	77,147	16,993	0.2	1.4
19	Toluca	873,536	218,639	0.3	4.1
20	Xalatlaco	29,572	6,822	0.0	1.2
21	Xonacatlán	51,646	11,405	0.3	3.4
22	Zinacantepec	188,927	44,258	0.4	3.0
	ZMVT	2,373,347	570,802	0.3	3.0

Fuente: elaboración propia con base en INEGI, 2015.

CONCLUSIONES

La Zona Metropolitana del Valle de Toluca inicio en 1970 con dos municipios en el centro de su ubicación geoespacial, los procesos de urbanización han ido integrando municipios colindantes a Toluca, Metepec y Zinacantepec, el proceso de expansión urbana se ha desarrollado en un periodo aproximado de cincuenta años, la conurbación se encuentra consolidada entre los municipios de Toluca, Zinacantepec, Metepec, San Mateo Atento, Lerma, sin embargo cada uno de estos municipios ha comenzado con el proceso de consolidación con los municipios colindantes.

La tabla dos muestra los datos de población, vivienda, porcentajes de viviendas que utilizan paneles solares, así como calentadores solares de esta se puede apreciar que los municipios con mayor utilización de estas tecnologías son Almoloya de Juárez, Lerma y San Antonio la Isla, territorios que se encuentran en la periferia de la ZMVT, estos datos corresponden a los territorios con mejor radiación solar durante todo el año.

Por otro lado, podemos apreciar que los municipios de Metepec y Temoaya son municipios que utilizan en similares porcentajes las tecnologías sustentables orientadas a la energía solar, al mismo tiempo estos municipios son heterogéneos en su configuración urbana, así como el tipo de vivienda existente entre ellos, estos son hallazgos encontrados que pueden dar pauta a nuevos estudios de aspecto social y urbanísticos.

Finalmente, el trabajo presentado es un avance de investigación de un proyecto más amplio el cual aún se encuentra en desarrollo, sin embargo, se consideró pertinente presentar el avance realizado para recibir aportaciones que contribuyan en la conclusión del mismo, por otro lado lo que se ha desarrollado genera nuevas inquietudes e interrogantes que se pretenden analizar en la continuidad de otras investigaciones como lo es esta, las cuales pueden referir a la capacidad económica, aptitud social, así como de las políticas públicas en relación con el uso de tecnologías sustentables ante los efectos y vulnerabilidad por el cambio climático.

REFERENCIAS

Adams, J. M. (1990). *Green development: environment and sustainability in the Third World*. Londres. Routledge.

Ahumada, B., Pelayo, M. y Arano A. (2012). “Sustentabilidad ambiental, del concepto a la práctica. Una oportunidad para la implementación de la evaluación ambiental estratégica en México”, en *Gestión y Política Pública*, vol. XXI, núm. 2, pp. 291-332.

Asociación de Profesores Amigos de la Ciencia. (2006). Tecnologías para la sostenibilidad. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, [en línea] 3(3), pp.517-519. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92030312>

Carrillo, A. Alan N. J. (2016). *Sustentabilidad del territorio: la participación del Estado, iniciativa privada y sociedad en la producción de vivienda formal*. Tesis doctoral. México. Universidad Autónoma del Estado de México.

Ciapuscio, H. (1996). El conocimiento tecnológico. *Redes*, [en línea] 3(6), pp.177-194. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=90711287006>

COESPO. (2016). Cuaderno Estadístico. Encuesta intercensal 2015. Consejo Estatal de Población. Gobierno del Estado de México.

Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2010). *Metodología de la investigación*. México: Interamericana Ediciones, S.A. de C.V.

IGCEM. (2015). Información para Planes de Desarrollo Municipal Tenancingo, Villa Guerrero y Coatepec Harinas. Estados Unidos Mexicanos. Instituto de Información e Investigación Geográfica, Estadística y Catastral del Estado de México.

INEGI. (2015). Principales resultados de la Encuesta Intercensal 2015. Estados Unidos Mexicanos. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

INEGI. (2018). Geografía. Imágenes del territorio. Consultado en <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/imgpercepcion/imgsatelite/landsat.aspx>

Gruebler, A. (2003) *Technology*. IIASA, Edward Elgar Publishing.

Gruebler, A., Nakicenovic, N. (2005). *Technology and The Environment*. IIASA, Edward Elgar. Publishing.

Llanes Regueiro, J. (2006). Tecnología, sociedad, sostenibilidad. *Economía y Desarrollo*, [en línea] 139(1), pp.125-143. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=425541309006>

Moreno, E. (2014). “Indicadores para el estudio de la sustentabilidad urbana en Chimalhuacán, Estado de México”, en *Estudios Sociales*, vol. XXII, núm. 43, pp. 161-186.

Ortega Sánchez, I. (2009). LA ALFABETIZACIÓN TECNOLÓGICA. *Teoría de la Educación. Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*, [en línea] 10(2), pp.11-24. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=201017352003>

Pierri, Naína. Foladori, Guillermo. (2005). ¿Sustentabilidad? Desacuerdos sobre el desarrollo sustentable. Historia del concepto de desarrollo sustentable. H. Cámara de Diputados. Universidad Autónoma de Zacatecas y Miguel Ángel Porrúa. México.

Presidencia de la República. (2015). “Política Nacional de Vivienda”. Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU). Ciudad de México.

Rojas-Dosal, J. (2005). Desarrollo tecnológico. *Cirugía y Cirujanos*, [en línea] 73(4), pp.327-329. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=66273416>

Schteingart, Martha. (2001). Los productores del espacio habitable. Estado, empresa y sociedad en la Ciudad de México. El Colegio de México. México.

United States Geological Survey. (2019). *Science for a changing world. EarthExplorer*. Consultado en: <https://earthexplorer.usgs.gov/>

Vega, E. (2001). “La sustentabilidad en México: ¿estamos mal, pero vamos bien?”, en *Gaceta Ecológica*, núm. 61, pp. 30-45.

WCED (World Commission on Environment and Development). (1987). *Our Common Future*, Oxford, Oxford University Press.